



Шиян П. Л.,
Мудрак Т. О.,
Болярчук Я. А.

СИНТЕЗ ЛЕТКИХ ОРГАНИЧНЫХ ДОМІШОК СПИРТУ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ ЗЕРНОВОЇ СИРОВИНИ

В роботі проведено дослідження впливу виду сировини, концентрації суслу, температури зброджування, кількості та кратності використання фільтрату барди на стадії приготування замісу на синтез летких органічних домішок спирту. Встановлено, що всі зазначені технологічні параметри по-різному впливають на їх синтез.

Ключові слова: заміс, сировина, температура, бродіння, фільтрат барди, синтез органічних домішок, рециркуляція.

1. Вступ

Входження України до загальноєвропейського ринку вимагає від підприємств спиртової галузі інтенсифікувати процес виробництва, щоб витримати конкуренцію з боку зарубіжних виробників.

В умовах, коли пропозиція перевищує попит, особливу увагу приділяють якості спирту. У перспективі спиртова галузь повинна забезпечити можливість моделювання якості спирту під умови замовника. Ті підприємства, які перехідний період зможуть модернізувати виробництво під євростандарти, здатні не лише вижити, а й розбудуватися, завойовуючи зовнішні ринки.

Актуальність даної роботи полягає в тому, що для інтенсифікації процесу ректифікації з метою зменшення питомих енерговитрат як при отриманні етилового спирту високої якості, так і при виробництві біоетанолу необхідні достовірні відомості про якісний і кількісний склад летких органічних домішок спиртової бражки, оскільки це дозволить встановити оптимальні параметри роботи брагоректифікаційної установки та установок для отримання біоетанолу.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Одним із способів підвищення рентабельності та екологізації спиртового виробництва є зброджування висококонцентрованого зернового суслу із заміною технологічної води фільтратом барди.

Значна роль при виробництві етилового спирту відводиться сировині. Причому до сировини, яка переробляється при низькотемпературній термоферментативній обробці — високі вимоги. Переробка сировини з регламентованими показниками служить показником успішного проведення технологічного процесу і отримання кінцевого продукту з заданими фізико-хімічними і органолептичними властивостями [1–4].

В зв'язку з цим для удосконалення технологічних процесів в спиртовій промисловості можна віднести дослідження впливу переробленої сировини на біохімічні процеси при збродженні спиртового суслу і фракційний склад летких домішок спирту, які обумовлюють його якісні показники. Причому вивчення особливостей синтезу летких домішок, які утворюються в процесі бро-

діння і важко видаляються при ректифікації займають першочергове значення при створенні нових технологій отримання високоякісного етилового спирту [5].

Біосинтез вторинних і побічних продуктів в процесі зброджування пов'язаний із регуляторними функціями дріжджових клітин, але їх утворення в значній мірі залежить від хімічного складу сировини, концентрації суслу, температури бродіння, кількості внесення фільтрату барди та кратності його використання [6].

При виробництві етанолу необхідно достовірні відомості про якісний і кількісний склад летких домішок спирту для оптимізації процесу ректифікації [7, 8].

3. Об'єкт, ціль і завдання досліджень

Об'єкт дослідження — технологія спиртової бражки при низькотемпературній ферментативній обробці різних видів крохмалевмісної сировини з використанням фільтрату барди.

Метою даної роботи є удосконалення технології етилового спирту із зернової сировини, шляхом дослідження синтезу летких органічних домішок спирту в бражних дистилатах, залежно від технологічних параметрів приготування замісу, термоферментативної обробки та зброджування.

У відповідності до поставленої мети були визначені наступні завдання:

- вивчити вплив виду сировини та концентрації сухих речовин суслу на синтез летких домішок бражки;
- визначити вплив температури зброджування на синтез вторинних і побічних продуктів в бражках;
- дослідити вплив кількості й кратності використання фільтрату барди на стадії приготування замісу на синтез летких органічних домішок бражки.

4. Матеріали та методи досліджень синтезу летких органічних домішок спирту у спиртовому виробництві

На I етапі досліджень використовували сусло із жита концентрацією сухих речовин (СР) 20,0, 21,8, 22,2 і 23,2% із пшениці — 20,0, 23,5, 25,2, і 26,4% СР та із кукурудзи — 18,0, 20,0, 26,0 та 30,0% СР. Дисперсність помелів сировини складала 100% прохід через сито з діаметром отворів 1 мм.

На II етапі досліджень проводили зброджування суслу із кукурудзи концентрацією 20 та 26 % сухих речовин при 30, 35 і 38 °С.

Розріджування та оцукрювання замісів проводили концентрованими ферментними препаратами Tegamyl HS 77 L та Tegamyl GA 400 L при температурі термоферментативної обробки 85–90 °С, оцукрювання проводили в бродильному апараті. Сусло зброджували дріжджами *S.cerevisiae* ДО-11 при температурі 32–38 °С.

На III етапі досліджень проводили заміну технологічної води фільтратом барди залежно від концентрації замісу. Так при 18 % СР використовували 80 %, 20 % СР – 70 % та 22 % СР – 60 % фільтрату барди, що складає повне його використання. Для інтенсифікації процесу зброджування суслу при багаторазовому використанні фільтрату барди використовували заміс із концентрацією 22 % СР.

Кількісний та якісний склад летких органічних домішок визначали на газохроматографі «Кристал-2000М».

5. Результати досліджень синтезу летких органічних домішок спирту та їх обговорення

5.1. Синтез летких органічних домішок спирту залежно від сухих речовин суслу та виду сировини. Якість спирту в основному визначається вибором крохмалевмісної сировини і технологічних параметрів на всіх стадіях виробництва.

Концентрація суслу та хімічний склад сировини є одним із найбільш важливих факторів, що впливають на фізіологічні властивості дріжджів. Тому в роботі проведені дослідження впливу концентрації суслу та виду сировини на синтез етилового спирту і побічних продуктів бродіння.

В табл. 1–3 наведено склад органічних домішок бражних дистилятів з різних видів крохмалевмісної сировини залежно від концентрації суслу.

З наведених даних видно, що склад легкої частини бражних дистилятів коливається в широкому діапазоні. Загальний аналіз даних різних видів сировини проведено по концентрації суслу 20 % СР.

Таблиця 1

Синтез летких органічних домішок спирту у зрілих бражах в залежності від початкової концентрації сухих речовин у кукурудзяному суслі

№ п. п.	Компоненти бражних дистилятів, мг/дм ³	Концентрація СР, %			
		18	20	26	30
1	Ацетальдегід	15,81	15,88	15,09	14,91
2	Метилацетат	0,35	0,22	0,19	0,19
3	Етилацетат	5,26	5,03	2,24	1,68
4	Сума складних ефірів	5,59	5,04	2,44	1,11
5	н-бутанол	1,35	1,37	1,35	1,92
6	н-пропанол	57,16	49,30	49,35	85,00
7	Ізобутиловий спирт	185,00	176,06	99,75	50,41
8	Ізоаміловий спирт	202,38	165,96	174,98	91,68
9	Сума сивушних спиртів	448,69	449,82	391,02	324,01
10	Метиловий спирт, об. %	0,0002	0,0007	0,0002	0,0002
11	Органічні кислоти	8,48	5,03	4,97	4,95
12	Етиловий спирт, об. %	9,31	10,65	13,49	14,90
13	Σ домішок	475,79	418,85	347,92	250,74

Таблиця 2

Синтез летких органічних домішок спирту у зрілих бражах в залежності від початкової концентрації сухих речовин у пшеничному суслі

№ п. п.	Компоненти бражних дистилятів, мг/дм ³	Концентрація СР, %			
		20	23,5	25,2	26,4
1	Ацетальдегід	26,90	26,03	25,05	25,00
2	Метилацетат	5,05	1,02	0,89	0,80
3	Етилацетат	11,13	7,65	5,50	5,05
4	Сума складних ефірів	11,76	8,65	6,39	5,95
5	н-бутанол	1,99	2,38	2,95	4,95
6	н-пропанол	149,03	150,21	122,35	150,96
7	Ізобутиловий спирт	202,00	200,82	140,87	130,70
8	Ізоаміловий спирт	696,73	879,58	550,95	522,15
9	Сума сивушних спиртів	1050,18	950,49	820,13	803,55
10	Метиловий спирт, об. %	0,0002	0,0001	0,0006	0,010
11	Органічні кислоти	18,55	12,90	12,40	14,93
12	Етиловий спирт, об. %	10,12	11,98	12,95	14,10
13	Σ домішок	1111,38	1280,59	860,96	854,55

Таблиця 3

Синтез летких органічних домішок спирту у зрілих бражах в залежності від початкової концентрації сухих речовин у житньому суслі

№ п. п.	Компоненти бражних дистилятів, мг/дм ³	Концентрація СР, %			
		20	21,8	22,2	23,2
1	Ацетальдегід	22,52	23,07	50,516	50,47
2	Метилацетат	7,83	1,29	1,51	4,92
3	Етилацетат	49,58	50,55	49,91	20,49
4	Сума складних ефірів	12,55	9,92	7,70	6,57
5	н-бутанол	2,49	3,09	5,10	4,98
6	н-пропанол	167,35	156,86	149,61	150,61
7	Ізобутиловий спирт	190,73	122,67	145,01	94,91
8	Ізоаміловий спирт	719,48	654,90	494,90	445,77
9	Сума сивушних спиртів	1110,41	976,47	851,72	698,71
10	Метиловий спирт, об. %	0,0013	0,0009	0,0007	0,0005
11	Органічні кислоти	29,89	29,57	28,05	26,22
12	Етиловий спирт, об. %	9,85	11,56	12,5	13,10
13	Σ домішок	1189,87	1042,00	874,10	777,88

З підвищенням концентрації СР суслу з кукурудзи та пшениці відбувається зменшення концентрації ацетальдегіду на 6–7 %, а в житі зростає майже вдвічі, що може бути зумовлено хімічним складом сировини.

Концентрація естерів знижується незалежно від виду сировини. Найменша кількість цього компоненту – при використанні кукурудзяного суслу з вмістом СР = 30 %, і складає 1,108 мг/дм³.

Отримані експериментальні дані свідчать, що найбільша концентрація метилового спирту є в бражному дистиляті із жита і складає 0,0013 % об. В зразку із кукурудзи його концентрація була майже в 2 рази нижча, ніж в бражному дистиляті з жита та в 3,5 рази вища від зразка із пшениці.

Сума сивушних спиртів зменшується на 50 %, 14 %, і 59 % у бражних дистилятах з кукурудзи, пшениці та жита відповідно. Це може бути пов'язано з тим, що

утворення органічних домішок є результатом життєдіяльності дріжджових клітин, які по-різному засвоюють вуглеводмісні сполуки в залежності від будови їх молекул, ступеня окиснення та розчинності.

Необхідно відмітити, що з підвищенням концентрації сула кількість *n*-бутанолу в бражних дистилатах зростає в 1,1–1,9 разів залежно від виду сировини. Частково це можна пояснити тим, що з підвищенням концентрації сухих речовин в суслі, кількість дріжджових клітин зростає на 10–20 %.

Результати дослідження свідчать, що з підвищенням концентрації сухих речовин сула, незалежно від виду сировини, загальна кількість летких домішок в бражних дистилатах знижується. Найнижчу концентрацію летких домішок бражки має сусло з кукурудзи.

Тому збільшення початкової концентрації сухих речовин сула є ефективним технологічним заходом, це дозволяє не тільки знизити кількість домішок спирту, а і зменшити енерговитрати на одиницю продукції, підвищити потужність бродильного відділення і знизити витрати на утилізацію післяспиртової барди.

5.2. Вплив температури бродіння на синтез летких органічних домішок спирту. Швидкість ферментативних і хімічних реакцій збільшується при підвищенні температури. Основною перешкодою під час проведення бродіння при високих температурах в промислових умовах є стороння мікрофлора. Крім того при понижених чи підвищених температурах зброджування слід очікувати, виходячи із загального уявлення про утворення продуктів обміну речовин дріжджів, зміни біохімічного складу субстрату [9].

Склад летких домішок бражних дистилатів значно змінюється в залежності від температури бродіння та концентрації сухих речовин сула (табл. 4). Утворення альдегідів пов'язано із ростом дріжджів [10]. Зокрема підвищення температури бродіння викликає значне збільшення концентрації ацетальдегідів в дозрілих бражках.

Приведені дані (табл. 4) показують, що найменша кількість ацетальдегіду в бражках синтезується при температурі 30 °C та концентрації сухих речовин 20 %. Із зростанням температури до 38 °C його кількість збільшується на 12,6 %, а з підвищенням концентрації до 26 % сухих речовин – на 14,4 %.

Вплив температури бродіння на синтез ацетальдегіду пов'язано з тим, що при її підвищенні зростає бродильна активність дріжджів, що сприяє інтенсивному синтезу пірвіноградної кислоти і в подальшому призводить до збільшення концентрації ацетальдегіду. Складні естери синтезуються у спирт в основному при ферментативних процесах життєдіяльності дріжджів.

Необхідно відмітити, що при підвищенні температури зброджування з 30 до 35 °C синтез етилацетату в бражці практично не змінювався. Із зростанням температури бродіння з 35 до 38 °C концентрація цього компонента знижувалася в 1,4–1,5 разів. Це може бути викликано тим, що при оптимумі інтенсивного бродіння (35–36 °C) термотолерантні дріжджі в меншій кількості синтезують етилацетат. Синтез ізоамілацетату та метилацетату при збільшенні температури бродіння з 30 до 38 °C зменшується в 1,2–1,4 рази відповідно.

Біосинтез ізобутилацетата та етилбутирата не залежить від зміни температури бродіння та концентрації сула.

Загальна кількість естерів при підвищенні температури бродіння до 38 °C та концентрації сула 26 %

сухих речовин знижується на 24–25 % відповідно. Вміст метанолу в бражках з підвищенням температури з 30 до 35–38 °C знижується в 1,3 рази.

Таблиця 4

Концентрація летких домішок в бражному дистилаті в залежності від температури бродіння при різних концентраціях сухих речовин сула

Назва компоненту	Умови досліджу					
	Концентрація сухих речовин 20 %			Концентрація сухих речовин 26 %		
	30 °C	35 °C	38 °C	30 °C	35 °C	38 °C
Ацетальдегід	15,58	16,52	17,55	24,98	15,58	16,52
Метилацетат	5,00	5,07	5,02	1,87	5,00	5,07
Етилацетат	5,76	5,75	4,93	8,40	5,76	5,75
Ізобутилацетат	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98
Етилбутират	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Ізоамілацетат	2,70	2,45	2,21	1,96	2,70	2,45
Сума естерів	14,96	13,05	11,37	15,05	14,96	13,05
Метанол, *10 ⁻²	0,0025	0,0021	0,0019	0,0025	0,0021	0,0019
Ізопропанол	184,82	204,07	287,99	131,27	176,75	246,45
<i>n</i> -пропанол	14,93	9,08	4,92	5,43	1,64	1,08
Ізобутанол	138,33	138,34	138,76	138,33	138,35	138,33
<i>n</i> -бутанол	1,67	0,66	0,46	0,99	0,64	0,42
Ізопентанол	149,65	150,61	202,31	254,11	261,23	494,98
<i>n</i> -пентанол	5,00	4,03	2,93	5,45	4,05	3,93
Сума вищих спиртів	493,49	588,23	793,57	595,80	650,74	711,92

Зменшення концентрації метанолу при збільшенні температури зброджування може бути пов'язане з активацією ферменту пектинметилестерази та безпосередньо деструкцією молекул декстринів до моносахаридів, які не беруть участі в утворенні метанолу.

При аналізі вищих спиртів встановлено (табл. 4), що синтез *n*-пропанолу, *n*-пентанолу, *n*-бутанолу з підвищенням температури зброджування до 35–38 °C зменшується в 3,05–5,0; 1,71–1,39 та 3,65–2,38 рази відповідно.

Загальна кількість вищих спиртів з підвищенням температури до 35–38 °C та сухих речовин сула з 20–26 % зростає в середньому в 1,6–1,2 рази.

Згідно експериментальних даних встановлено, що синтез вищих спиртів в спиртових бражках залежить не тільки від утворення біомаси дріжджів за рахунок дезамінування амінокислот, а також від концентрації сухих речовин сула та температури зброджування.

Таким чином, на основі проведених досліджень встановлено, що процеси синтезу етилового спирту і його летких домішок в значній мірі залежить від виду зернової культури, концентрації СР сула та температури зброджування, що необхідно враховувати для визначення оптимальних технологічних режимів брагоректифікації при отриманні етилового спирту.

5.3. Вплив кількості та кратності використання фільтрату барди на синтез летких органічних домішок спирту. Наступним етапом роботи було дослідити вплив використання фільтрату барди на синтез летких органічних домішок. Вихід фільтрату барди залежить від концентрації сухих речовин замісу. Так при концентрації сухих речовин замісу 18–22 % СР можлива кількість заміни води фільтратом барди складає 80–60 %.

Таблиця 5

Концентрація летких органічних домішок в бражному дистилаті при різній кількості фільтрату барди та сухих речовин на стадії приготування замісу

№ п/п	Органічні домішки, мг/дм ³	Вміст сухих речовин, %					
		18		20		22	
		Конт-роль	80 % фільтрату барди	Конт-роль	70 % фільтрату барди	Конт-роль	60 % фільтрату барди
1	Ацетальдегід	10,8	2,6	2,8	2,3	3,3	1,1
2	Етилацетат	14,6	9,7	12,8	10,8	14,8	14,7
3	Ізоамілацетат	1,0	1,0	0,9	1,1	1,7	1,7
4	Етиллактат	0,6	2,0	0,7	2,0	0,6	1,5
5	Етилоктаноат	< 0,5*	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
6	Сума естерів	16,2	12,8	14,5	14,0	17,3	18,1
7	Метанол *)	0,0004	0,0008	0,0006	0,0007	0,0007	0,0008
8	2-пропанол	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2
9	1-пропанол	20,7	32,4	36,9	38,9	24,7	38,0
10	Ізобутанол	62,1	51,2	64,4	63,8	73,5	62,1
11	Бутанол	0,6	0,7	0,6	0,7	0,7	0,9
12	Ізоаміловий спирт	310,5	273,2	313,0	309,8	382,1	337,9
13	Сума вищих спиртів	394,0	357,8	415,2	413,4	481,2	439,1
14	Ацетон	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
15	1-гексанол	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3
16	2-фенілетанол	36,5	58,8	34,2	56,6	40,5	44,2

Примітка: *) концентрація метилового спирту, % об.

Із збільшенням кількості фільтрату барди та циклів її використання (табл. 6) концентрація головних домішок спирту – ацетону, ацетальдегіду та етилацетату збільшується у 3,0...5,0; 1,7...3,2 та 2,4...2,8 рази відповідно.

Таблиця 6

Концентрація летких органічних сполук в бражному дистилаті при рециркуляції фільтрату барди на стадії приготування замісу

№ п/п	Органічні домішки, мг/дм ³	Конт-роль	Цикл											
			30 % використання фільтрату барди						60 % використання фільтрату барди					
			1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	Ацетальдегід	1,5	1,4	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,8	3,1	3,3	4,2	4,7	4,8
2	Етилацетат	6,0	7,0	7,0	9,8	14,8	14,4	14,2	7,4	11,8	12,4	16,0	16,4	16,6
3	Ізоамілацетат	сліди	0,1	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,6	0,4	0,4	0,4
4	Етиллактат	2,5	2,6	2,6	3,7	4,0	4,4	4,6	3,0	3,4	4,5	5,6	7,4	7,5
5	Етилоктаноат	сліди	сліди	сліди	сліди	сліди	0,4	0,5	сліди	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3
6	Сума естерів	8,5	9,7	9,8	13,7	19,3	19,7	19,8	10,8	16,0	17,9	22,4	24,5	24,8
7	Метанол *)	0,0006	0,0007	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0007	0,0006	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004
8	2-пропанол	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
9	1-пропанол	6,1	6,7	7,2	7,4	7,5	7,6	7,8	6,9	8,3	9,0	10,3	10,5	10,7
10	Ізобутанол	52,4	56,0	55,6	50,7	50,2	50,5	50,7	52,2	48,1	38,0	29,9	29,3	29,0
11	Бутанол	0,9	0,6	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,6
12	Ізоаміловий спирт	224,4	233,2	229,8	227,0	211,6	195,6	192,1	221,5	202,4	174,2	144,8	134,0	132,0
13	Сума вищих спиртів	283,9	341,7	293,5	285,75	269,9	254,3	251,2	279,3	259,5	222,0	185,8	174,5	172,4
14	Ацетон	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	0,5
15	1-гексанол	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4
16	2-фенілетанол	54,9	54,8	54,8	45,2	40,1	37,0	35,0	61,6	59,6	51,5	46,3	39,8	38,9

Примітка: *) концентрація метилового спирту, % об.

Оскільки конверсія вуглеводів в клітині здійснюється через гліколіз до пірувата, який далі перетворюється в аланін або ацетальдегід. Збільшення етилацетату пов'язано із взаємодією етанолу і оцтової кислоти.

Концентрація вищих спиртів — ізоамілового та ізобутилового (нижня проміжна домішка) суттєво змінюється і на шостому циклі при кількості фільтрату барди 60 % зменшується в середньому в 1,8 рази. Це можливо пов'язане із присутністю аланіну, що зменшує синтез вищих спиртів [10].

Концентрація пропанолу та ізоамілацетату (верхні проміжні домішки) збільшується в 1,3...1,8 та 4,0...5,0 рази відповідно.

Сумарна концентрація висококиплячих складних естерів — етиллактату та етилоктаноату (верхні проміжні домішки) збільшується в 1,9...3,1 рази відповідно.

Концентрація метилового спирту (кінцева домішка) зменшується в середньому в 1,5 рази.

Зміна концентрації летких органічних домішок в бражному дистилаті пов'язана як із зміною біосинтетичних процесів в дріжджовій клітині, так і реакціями етирефікації, які відбуваються в бражній колонії.

6. Висновки

Збільшення концентрації сухих речовин суслу зменшує загальний синтез летких органічних домішок спирту для жита в 1,53, пшениці — 1,3, кукурудзи — 1,9 рази відповідно. Найбільш доцільно використовувати кукурудзу, оскільки, при її використанні утворюється найменша кількість домішок.

Для зменшення синтезу вищих спиртів та ацетальдегіду процес бродіння, не залежно від концентрації сухих речовин суслу, необхідно проводити при температурах нижче 35 °С. А для зниження синтезу естерів, необхідно підвищувати температуру бродіння до 38 °С.

Використання фільтрату барди на стадії приготування замісу не тільки зменшує витрати технологічної води, але й уповільнює синтез ацетальдегіду та вищих спиртів у процесі бродіння. Із збільшенням кратності його використання до 6 циклів відбувається зростання концентрації ацетальдегіду, естерів, а синтез вищих спиртів — знижується. Тому при використанні фільтрату барди доцільно збільшувати відбір головної фракції в енораційній колонії.

Література

- Василенко, З. В. Влияния видовых особенностей зерновых культур на выход и качество пищевого этилового спирта [Текст] / З. В. Василенко, Б. А. Цед, С. В. Волкова, В. В. Колнакова, А. Н. Мислицкая // Производство спирта и ликероводочных изделий. — 2010. — № 1. — С. 26–29.
- Римарева, Л. В. Повышение эффективности биотехнологических процессов спиртового производства [Текст] / Л. В. Римарева // Производство спирта и ликероводочных изделий. — 2003. — № 4. — С. 13–18.
- Franceschin, G. Ethanol from corn: a technical and economical assessment based on different scenarios [Text] / G. Franceschin, A. Zamboni, F. Bezzo, A. Bertucco // Chemical Engineering Research and Design. — 2008. — Vol. 86, № 5. — P. 488–498. doi:10.1016/j.cherd.2008.01.001
- Balat, M. Progress in bioethanol processing [Text] / M. Balat, H. Balat, C. Öz // Progress in Energy and Combustion Science. — 2008. — Vol. 34, № 5. — P. 551–573. doi:10.1016/j.peccs.2007.11.001
- Гулько, О. М. Энергозберігаюча технологія брагоперегонки в спиртовому виробництві [Текст] / О. М. Гулько, П. Л. Шиян // Харчова і переробна промисловість. — 2008. — № 11. — С. 5–7.
- Шиян, П. Л. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика [Текст]: монографія / П. Л. Шиян, В. В. Сосницький, С. Т. Олійнічук. — К.: Видавничий дім «Асканія», 2009. — 424 с.
- Ректифікаційна установка для виділення етилового спирту з фракцій, збагачених органічними домішками [Електронний ресурс]: Пат. 69511 Україна, МКИ 7С12F3/16 / Шиян П. Л., Українець А. І., Жолнер І. Д., Сосницький В. В., Олійнічук С. Т., Сизько В. Б. та ін. — опубл. 15.09.2004, Бюл. № 9. — Режим доступу: \www/URL: http://uapatents.com/3-69511-rectifikacijna-ustanovka-dlya-viluchennya-etilovogo-spirtu-z-frakcij-zbagachenikh-organichnimi-domishkami.html
- Гулько, О. М. Энергозберігаюча технологія ректифікованого спирту [Текст] / О. М. Гулько, П. Л. Шиян // Харчова і переробна промисловість. — 2008. — № 12. — С. 7–9.
- Римарева, Л. В. Теоретические и практические основы биотехнологии дрожжей [Текст] / Л. В. Римарева. — М.: ДеЛи принт, 2010. — 252 с.
- Українець, А. І. Склад легкої частини спиртової бражки залежно від концентрації сухих речовин суслу та температури бродіння [Текст] / А. І. Українець, П. Л. Шиян, Т. О. Мудрак, Р. Г. Кириленко, В. Б. Сизько, Г. П. Єрмакова, В. В. Сосницький // Харчова і переробна промисловість. — 2006. — № 2. — С. 18–20.

СИНТЕЗ ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ СПИРТА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ

В работе проведены исследования влияния вида сырья, концентрации суслу, температуры сбраживания, количества и кратности использования фильтрата барды на стадии приготовления замеса на синтез летучих органических примесей спирта. Установлено, что все указанные технологические параметры по-разному влияют на их синтез.

Ключевые слова: замес, сырье, температура, брожение, фильтрат барды, синтез органических примесей, рециркуляция.

Шиян Петро Леонидович, доктор технічних наук, професор, кафедра біотехнології продуктів бродіння і виноробства, Національний університет харчових технологій, Київ, Україна, e-mail: valinia@ukr.net.

Мудрак Тетяна Омелянівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра біотехнології продуктів бродіння і виноробства, Національний університет харчових технологій, Київ, Україна, e-mail: mudrak_t_o@mail.ru.

Боярчук Ярослав Андрійович, аспірант, кафедра біотехнології продуктів бродіння і виноробства, Національний університет харчових технологій, Київ, Україна, e-mail: zevs-gromovuk@mail.ru.

Шиян Петр Леонидович, доктор технических наук, профессор, кафедра биотехнологии продуктов брожения и виноделия, Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина.

Мудрак Татьяна Емельяновна, кандидат технических наук, доцент, кафедра биотехнологии продуктов брожения и виноделия, Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина.

Боярчук Ярослав Андреевич, аспирант, кафедра биотехнологии продуктов брожения и виноделия, Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина.

Shyian Petro, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, e-mail: valinia@ukr.net.

Mudrak Tatiana, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, e-mail: mudrak_t_o@mail.ru.

Boiarchuk Iaroslav, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, e-mail: zevs-gromovuk@mail.ru